



(Teil-) Automatisierte Fertigungskonzepte für zukünftige Faserverbundstrukturen im Hubschrauberbau

1. Augsburger Produktionstechnik-Kolloquium, 18.05.2011



thinking without limits

*Dr. Peter Middendorf, Dr. Christian Weimer
Christoph Steindl, Dr. Ambrosius Weiss
Eurocopter Deutschland GmbH*

Übersicht

— Hubschrauber-spezifische Randbedingungen

— Fertigungskonzepte Hubschrauber-Zelle

- Automated Fibre Placement Technologie
- Preform / LCM Technologie
- Automatisierter Fügeprozess

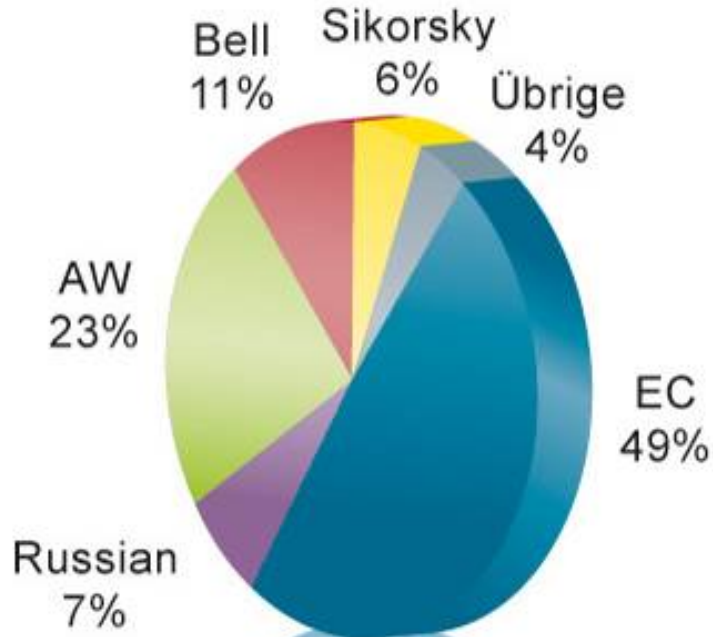
— Fertigungskonzepte Rotorblatt

- Neuer 5-Blatt BMR
- Pitch Horn Prototyp

— Zusammenfassung und Ausblick

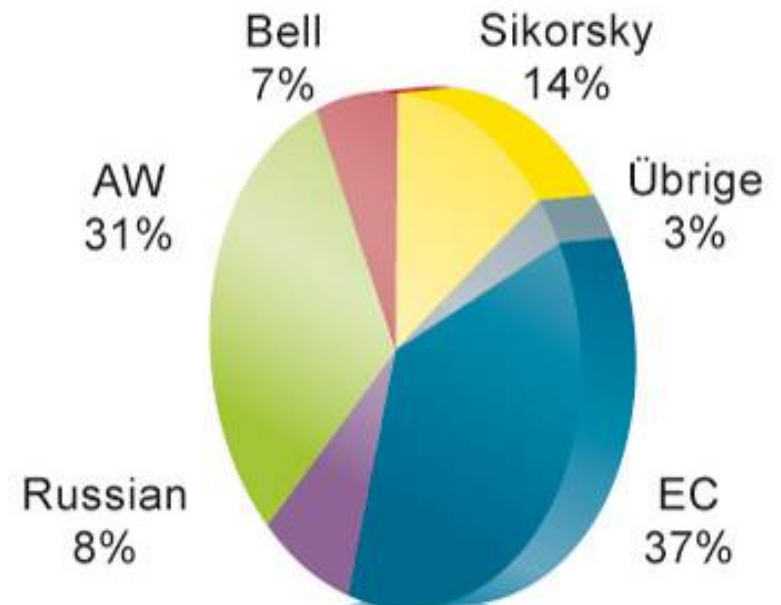
Eurocopter: Führend auf dem zivilen und halbstaatlichen Markt

Nach Einheiten



**874 ausgelieferte Hubschrauber
im Jahr 2010**
(herstellerübergreifend)

Nach Wert



Gesamtumsatz im Jahr 2010
(herstellerübergreifend)
3,8 Mrd €

Die Zivilhubschrauber-Palette



EC130 (2001)



EC145 (2002)



EC175



AS350 (1976)



EC135 (1996)



EC155 (1999)

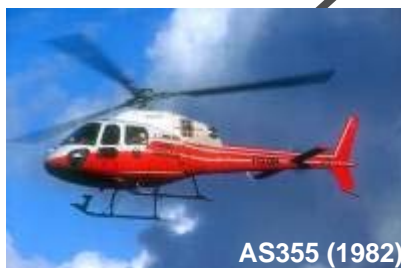


EC225 (2004)



EC120 (1998)

**Einmotorige
Hubschrauber**



AS355 (1982)

**Leichte
zweimotorige
Hubschrauber**

**Zweimotorige
Hubschrauber
mittlerer
Gewichtsklasse**



AS365 (1980)

**Hubschrauber
mittlerer/schwerer
Gewichtsklasse**



AS332 (1985)

Die Militärhubschrauber-Palette



EC635 (1996)



EC725 (2005)



AS550 (1997)



AS565 (1990)



NH90 (2006)



EC645 (2007)



AS532 (1985)



Tigre (2004)

Leichte
Hubschrauber

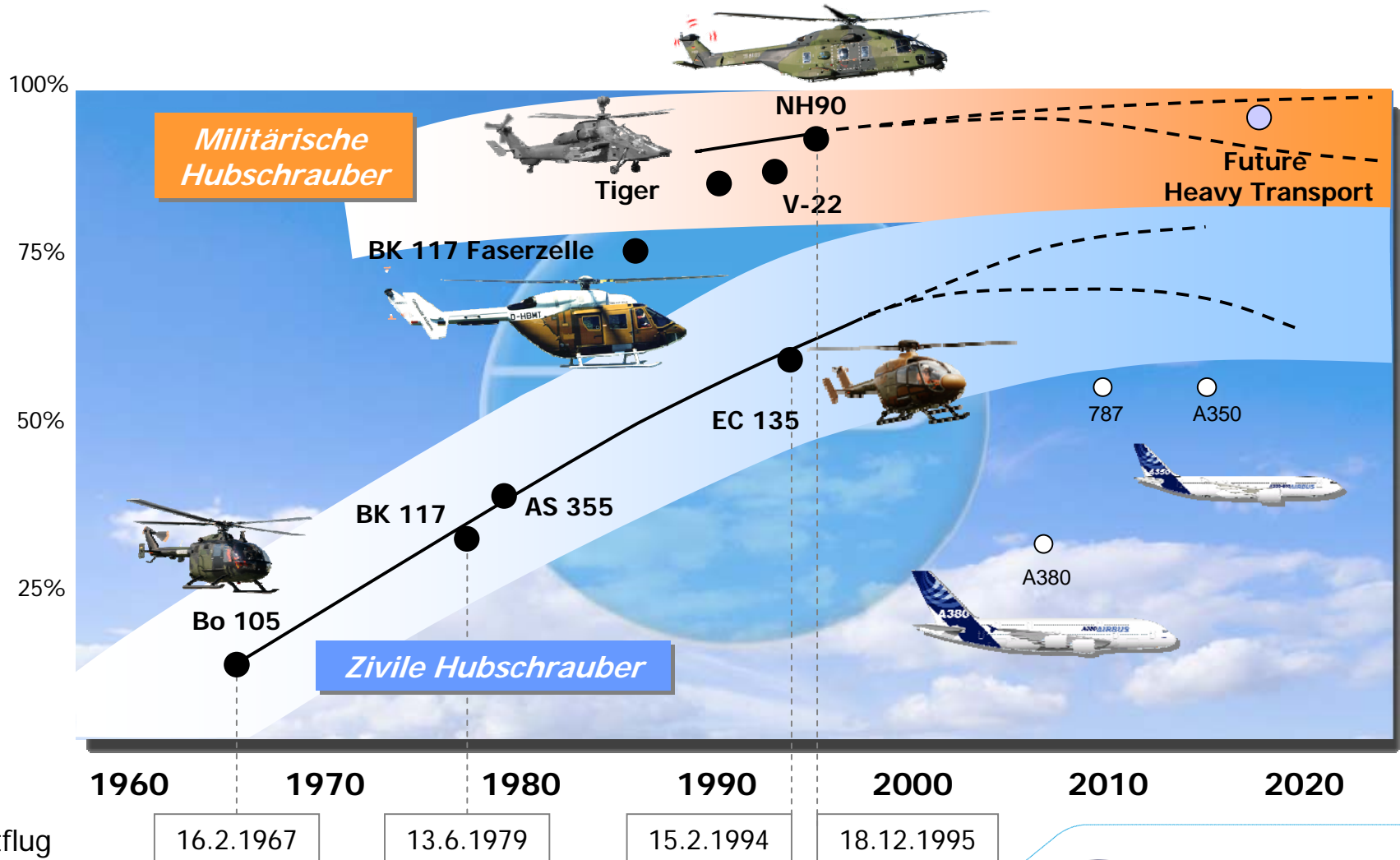
Hubschrauber mittlerer
Gewichtsklasse

Hubschrauber
mittlerer/schwerer
Gewichtsklasse

Spezialhubschrauber

Anteil Faserverbundstrukturen

Strukturgewicht incl. Rotorblätter



Fertigungskonzepte für zukünftige HS-Faserverbundstrukturen

— Randbedingungen

- Effizienter Faserverbund-Leichtbau → Sandwich Strukturen
- Relativ komplexe Geometrien
- Moderate Stückzahlen mit relativ großer Variantenvielfalt

— High Level Objectives

- Reduktion von RC bei der Strukturfertigung
- Verbesserung der Fertigungsqualität

— Ansätze

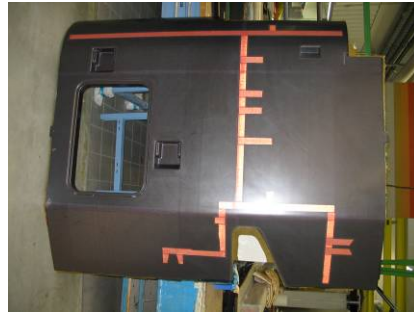
- Flexible, (teil-) automatisierte Fertigungsprozesse
- Prozessbegleitende QS

HS-Zelle: Stand der Technik (NH90)

Prepreg Handablegen



CFK-Sandwich Seitenschale



CFK-Sandwich Bodenschale



Vormontierte CFK Spantstruktur



Automatisiertes Spleissen und Endmontage des NH90



CFK Centre Fuselage

Front und Rear Fuselage

HS-Zelle: Fertigungsprozess AFP



— Einschränkungen bei der Fertigung durch Ablegen von Hand

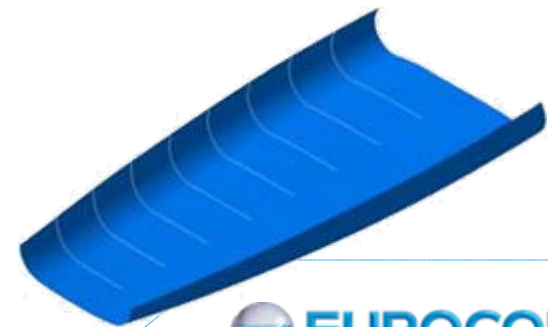
- eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeit durch Verwendung von Geweben
- Qualitätsschwankungen
- hohe Verschnitttrate – teilweise $> 40\%$ mit kostenintensivem Sondermüll
- nur bedingt geeignet für Großbauteile

— Vorteile des Automated Fiber Placement

- frei wählbare Faserorientierungen
- konstant hohe Qualität durch automatisierten Prozess
- geringer Verschnitt durch gezieltes Schneiden der Tapes
- Bauteilgröße (nur) abhängig von Anlage

— HELIPLACE (Helicopter specific complex Sandwich Structures)

- Bayrisches Luftfahrt-Fördervorhaben
- Bodenschale eines mittelschweren Hubschraubers als Validierungsbauteil
- Partner: Fraunhofer ICT, TUM LCC, Univ. Stuttgart IFB, Univ. Bayreuth LPW, FIBRE Bremen



HS-Zelle: HELIPLACE

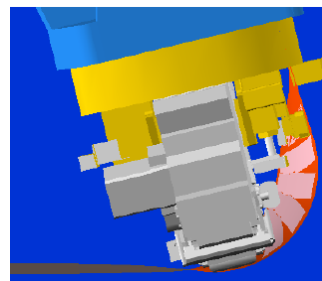
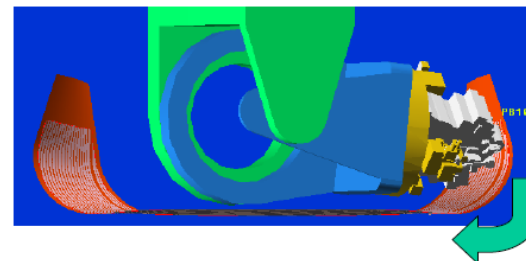
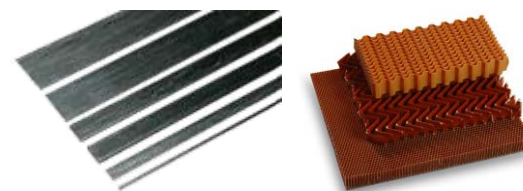


Vorhabensziele:

- Gewichtsreduktion um ca. 10% gegenüber heutigen Composite Technologien
→ Größere Gestaltungsfreiheit mit lastoptimierter Faserorientierung
- Kostensenkung um 15% bei der Herstellung von Hubschrauberstrukturen
→ Reduktion des Ausschusses und Erhöhung der Produktivität durch reproduzierbaren, automatisierten Prozess
→ Reduktion des Verschnitts

Technologische Herausforderungen:

- Untersuchung neuer Faser-Harzsysteme sowie Kernwerkstoffsysteme für Fiber-Placement
- Weiterentwicklung der Berechnungs- und Simulationsverfahren
- Nachweis für komplexe Sandwichbauteile anhand einer HS-Bodenschale



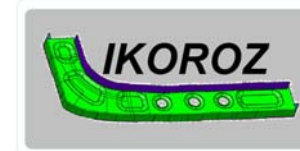
HS-Zelle: One-Shot Bauweise

- Ziel: Validierung eines integralen Preform / LCM Designs für Zellenstrukturen mit Fokus auf Dry Fiber Placement Technologie
- Bauteildemonstrator: Spant mit integriertem Teil der Außenhaut, repräsentativ für einen HS der 3-4 to Klasse



- Bestandteil des LuFo4-2 Projektes IKORoz (Integrale und Komplexe One-shot Bauweisen für Rotorblatt und Zellenelemente)
- Partner: Toho Tenax Europe

HS-Zelle: IKOROZ



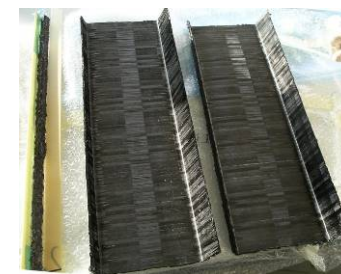
1. Fertigungstechnologie Spant

Technologische Herausforderungen

- Material und DFP Prozess
- Infusionskonzept und -prozess
- Optimierung des Lagenaufbaus
- Darstellung des DFP Designs in Catia
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des DFP

→ Dummy-Bauteil des kritischen Querschnitts:

Preforms



Infiltriertes Bauteil

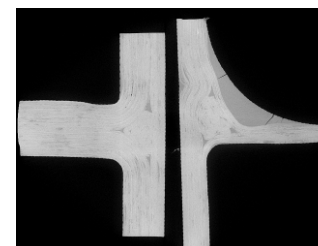


2. Integrationstechnologien

Test, Bewertung und Auswahl

- Aufstellen von Auswahlkriterien
- Identifikation der Einflussfaktoren
- Nachweis und Test der Umsetzbarkeit

Micro-CT des Bauteils



HS-Zelle: Preform / LCM Technologie



LuFo4 Forschungsprogramm InStrukt

Teilvorhaben: Entwicklung und Fertigung einer repräsentativen CFK-Rahmenstruktur

Vorhabensziele:

- Verbesserter Leichtbau (10% Gewichtseinsparung gg. Metallbauweise)
- 30% Kosteneinsparung im Vergleich mit Prepreg-Handlegetechnik

Technologische Herausforderungen:

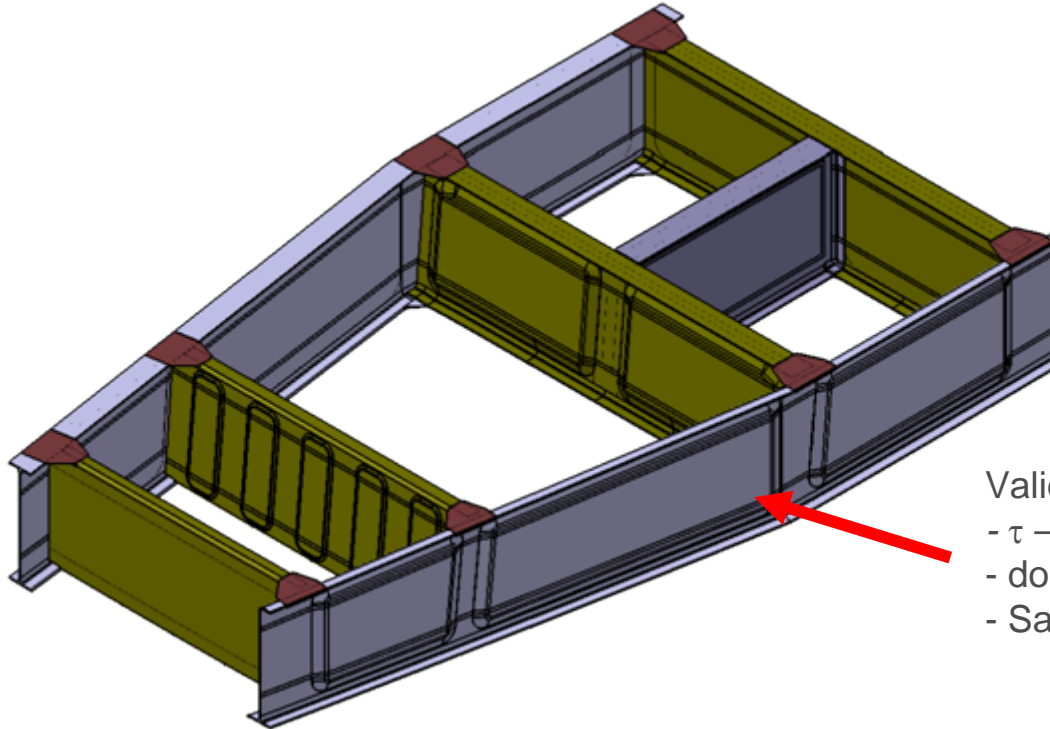
- Architektur: material- und verfahrensgerechte Auslegung und Konstruktion
- Technologiepfade: advanced Prepreg und Preform / LCM
- Konzeption einer (teil-) automatisierten Prozeßkette, darin
- Erarbeitung und Umsetzung eines Pick & Place / Pick & Drape Prozesses zum Aufbau aushärtungs- bzw. infiltrationsbereiter Faserverbundbauteile aus Prepregs und trockenen Subpreforms
- Verifikation anhand einer Großbaugruppe

INSTRUKT – Framework

Pick & Drape & Activate:

— Preforms für gängige Spantquerschnitte

- Doppel T, τ und C Profile
- Sandwich-Einleger zur Erhöhung der Beulsteifigkeit



Validierungsbauteil:

- τ – Profil
- doppelt gekrümmt
- Sandwich

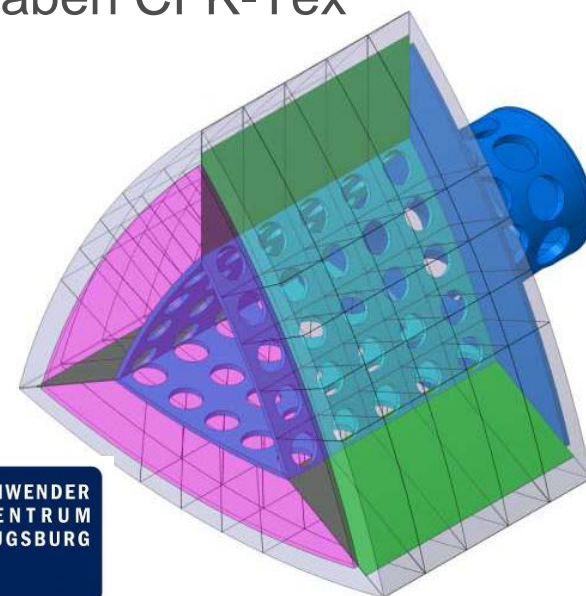
INSTRUKT – Pick & Drape & Activate



- Entwicklung eines Funktionskopfes zur automatisierten Preformherstellung
- Weiterentwicklung aus dem Bayr. Fördervorhaben CFK-TEX
- Drapierfläche: 2,0m x 0,5m

— Ziele:

- Reduktion der Produktionskosten
- Reduktion der Produktionszeiten
- Steigerung der Prozesssicherheit



- Zusätzliche Konzeptuntersuchung Handling von Preformlingen
 - Automatisiertes Handling von Preformlingen nach dem Drapieren
 - Abheben des Preformlings vom Drapiertool
 - Konzeption Handling Endeffektors

INSTRUKT – Automatisiertes Fügen

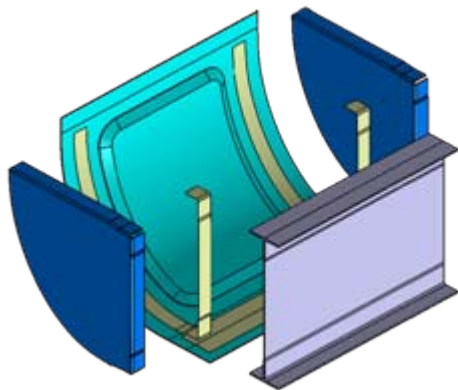


1. Geometrische Analyse der Fügestellen von Bauteilen

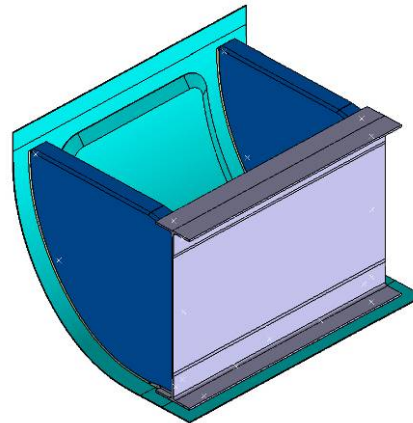
- Vermessung der Einzelbauteile vor der Fügung
- Vermessung realer Spalt nach Fügung
- Ermittlung virtueller Abstände & Auswertung

Ziel:

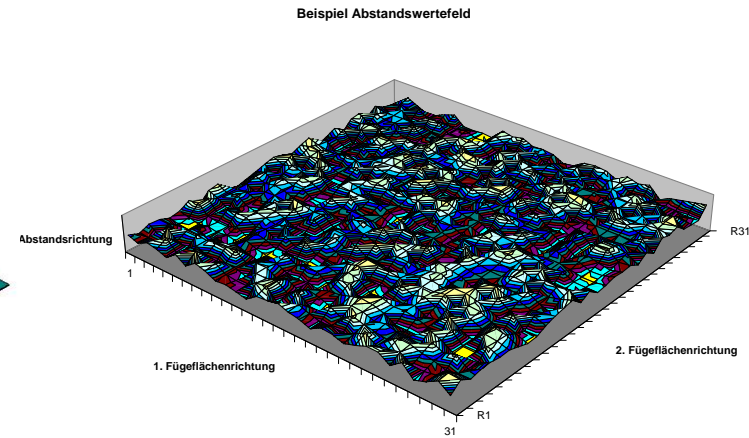
- Ermittlung der benötigten Shim-/Klebstoffmenge
- Qualitätssicherung



Vermessung Einzelbauteile



Vermessung Zusammenbau



Auswertung der Abstände

INSTRUKT – Automatisiertes Fügen

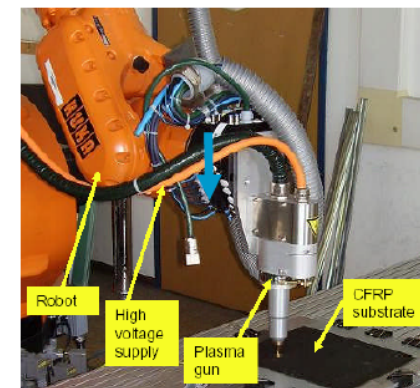


2. Oberflächenaktivierung durch Atmosphärenplasma

- Entwicklung Funktionskopf zur automatisierten Oberflächenvorbehandlung
- Aktivierung von integralen CFK Bauteilen zur Klebe- bzw. Shimvorbereitung
- Durchführung von Parameterstudien für verschiedene Oberflächenzustände (Verschmutzungen, Peel Ply etc.)

Ziel:

- Automatisierung der Werkstoffaktivierung
- Steigerung der Prozesssicherheit



Quelle: EADS IW

Lehrgebiet
Fügetechnik

AWOK



INSTRUKT – Automatisiertes Fügen

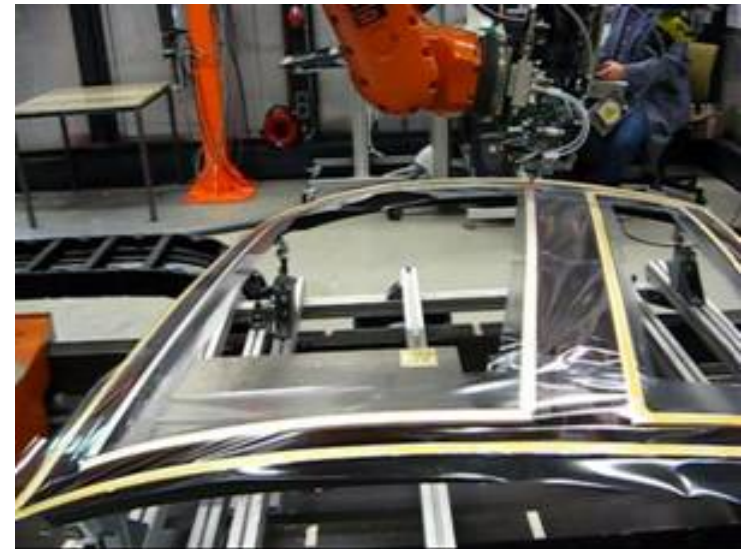


3. Automatisierter Klebstoffauftrag

- Entwicklung Funktionskopf zum automatisiertem Klebstoffauftrag
- Verwendung eines (Mehr-)Kartuschensystems

Ziel:

- Reduktion der Prozesszeiten
- Aufbringung nur der benötigten Shimmengen



Lehrgebiet
Fügetechnik

AWOK



 **EUROCOPTER**
AN EADS COMPANY

INSTRUKT – Automatisiertes Fügen



4. Spotcuring

- Entwicklung eines Funktionskopfes zur induktiven Schnellaushärtung
- Parameterstudien in Abhängigkeit von Materialien, Dicken etc.

Ziel:

- Vereinfachung der Montage

5. Integration aller Funktionsköpfe in eine Roboterzelle

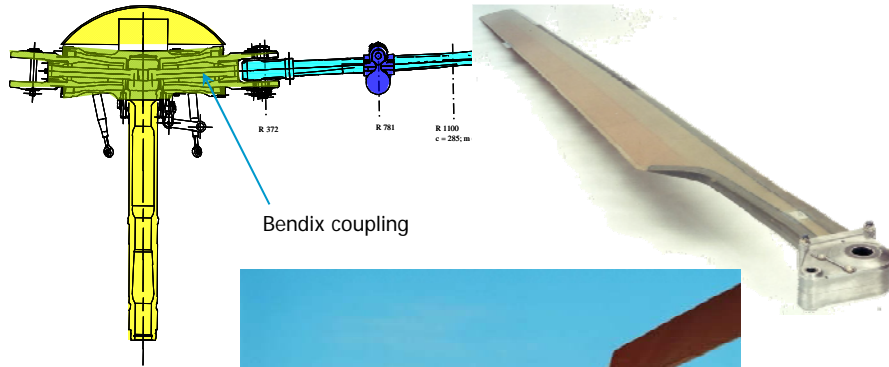
6. Upscaling der Prozesskette beim DLR ZLP AUG

Lehrgebiet
Fügetechnik

AWOK



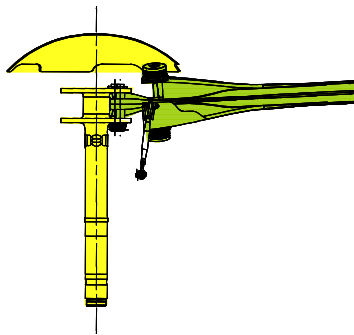
Rotorblatt: Stand der Technik (EC135/145)



EC 145 Bendix Kopplung



Blattfertigung in
konventioneller
Prepreg-Handablage

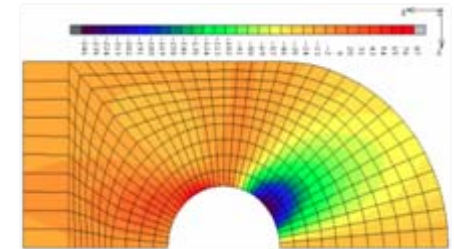


EC 135 Bearingless
Main Rotor

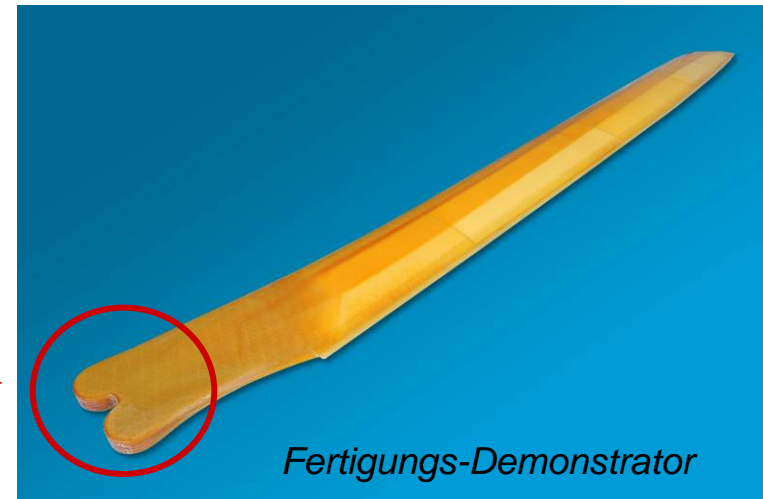
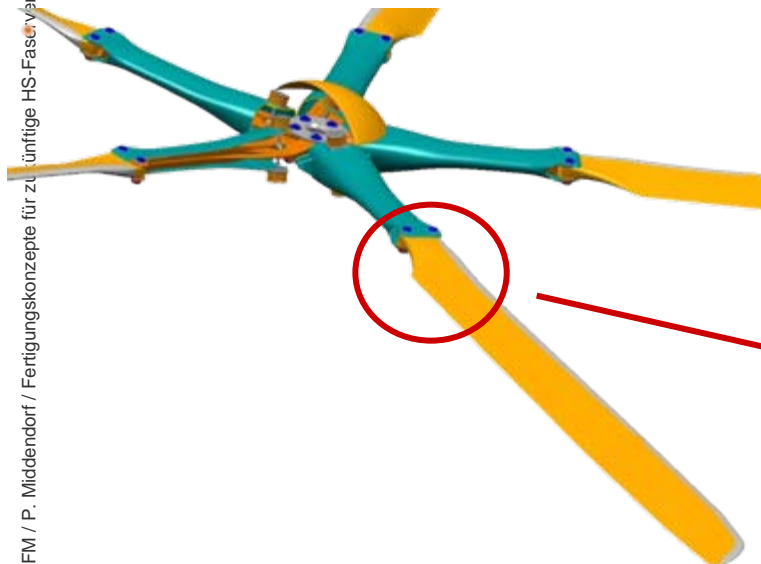
Rotorblatt: Neuer 5-Blatt BMR

Designaspekte:

- Aerodynamisch optimiertes Profil und Planform
- Lochleibungslaminat für den Blattabschluss
- Re-Design der Steuerelemente zur Optimierung des Schlaggelenkabstands
- TRL5 (Whirl Tower Test) in 2013



Lochleibungsfestigkeit: Simulation und experimentelle Validierung



Fertigungs-Demonstrator

Rotorblatt: Fertigungstechnologie

- Kosten- und gewichts-optimiertes Fertigungskonzept mittels (teil-) automatisierter Preform / LCM Technologie
- Ziel: 20% Kosteneinsparung im Vergleich mit Prepreg-Technologie
- Technologische Herausforderungen:
 - Kombiniertes Portal für Legen-Nähen-Zuschneiden zur effizienten Materialzufuhr
 - Dry-Fiber-Placement zum Ablegen des Holms und lokalen Verstärkungen (Ablegerate >10 m/min)
 - 3D-Ultraschall Schneiden von vorgefertigten Preformen (>1mm)
 - Aufbau der Prozesskette, inkl. Pick&Drape und Anbindung an 2D-Nähen
 - Entwicklung eines in-line QS-Systems zur Vermeidung von Fehlzuschnitten (EUROPAS Software für Preform Prozess)
 - Industrialisierungskonzepte für hohe Produktivität und Flexibilität
- Eingebettet in LuFo4-Projekte (LOKOST / IKOROZ / LOCAR)
- Partner: Brötje Automation, IVW Kaiserslautern (Dry Fibre Placement)
DLR-BK, Univ. Stuttgart IFB

NEROBA: Prozesskette Preform / LCM

2D/3D Nähen - Zuschneiden



Dry Fibre Placement



Fertige Sub-Preformen



Finale Preform



RTM Injektion

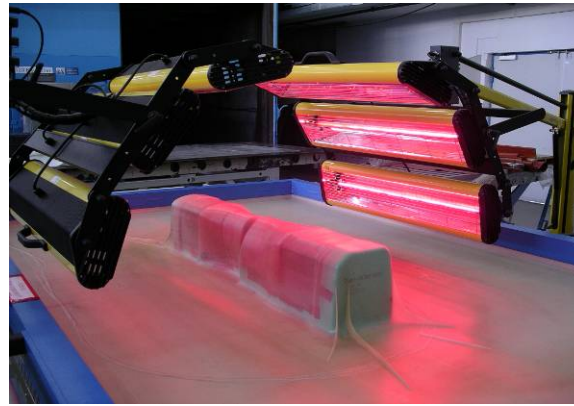


EC135 Pitch Horn: Prozesskette

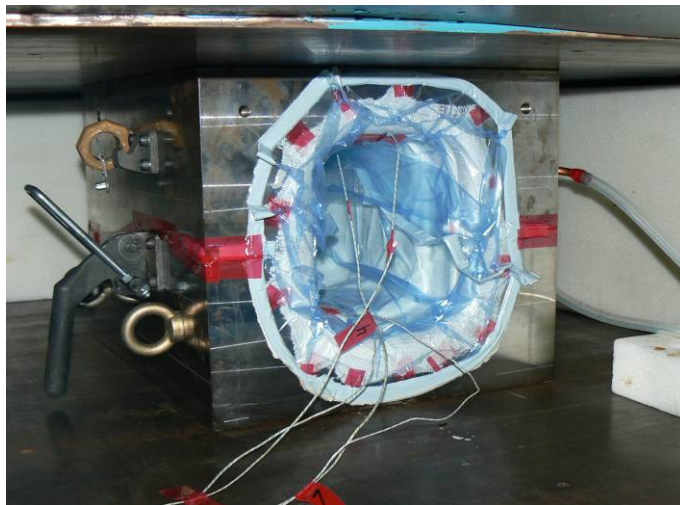
Pick & Place & Drape



Binderaktivierung



Teil-Preformen



VAP Infusion



Fertiges Bauteil

Zusammenfassung / Ausblick

- Technologietreiber bei compositen Fertigungstechnologien für Hubschrauber-Strukturen ist die Wettbewerbsfähigkeit im zivilen Produktbereich.
- Unter Beachtung der, zumeist HS-spezifischen, Randbedingungen (Sandwich, komplexe Geometrien, Stückzahlen, Variantenvielfalt) werden seitens Eurocopter folgende Technologiestränge verfolgt:
 - Flexible, (teil-) automatisierte Fertigungsprozesse und
 - Prozessbegleitende Qualitätssicherung
- Im Bereich Hubschrauberzelle konzentrieren sich die Aktivitäten auf AFP-Technologie für Sandwichschalen und Preform / LCM-Technologie für Versteifungsstrukturen sowie auf die Automatisierung des Fügeprozesses.
- Bei den Rotorblättern liegt der Schwerpunkt auf Preform / LCM-Technologie mit Dry Fibre Placement der UD-Lagenanteile.
- Ausblick: Reifmachung der Technologien auf TRL6 bis 2014.
- Nota bene: Eurocopter arbeitet dazu in verschiedenen Forschungsvorhaben mit einem Netzwerk an Technologiepartnern eng zusammen.